

SYSTEME DE COMMANDE D'UNITES DE LEVAGE ET DE
TELEMANIPULATION PLACEES EN ENCEINTE CONFINEE

DESCRIPTION

5 DOMAINE DE L'INVENTION

 L'invention concerne l'industrie du
retraitement de combustibles nucléaires et de
traitement de matériels contaminés.

 Elle concerne en particulier les
10 télémanipulateurs placés dans des enceintes confinées,
inaccessibles à l'homme, pour y effectuer de nombreuses
tâches.

ART ANTÉRIEUR ET PROBLEMES POSES

 Dans le cadre des installations liées à
15 l'industrie nucléaire, des équipements de
télémanipulation ont été introduits pour diminuer
l'exposition aux rayonnements des agents et faciliter
l'exécution de certaines tâches difficiles, voire
impossibles à effectuer autrement. Au fil des années,
20 les équipements se sont perfectionnés, grâce en
particulier au progrès de l'électronique et, notamment,
dans les techniques informatiques, les techniques
optiques/visuelles, la technologie des matériaux. Ceci
a abouti, entre autres, à la robotique qui est
25 largement utilisée dans l'industrie nucléaire où il
existe des dangers particuliers comme les rayonnements,

dans des zones de travail confinées et parfois avec des températures ou une humidité particulièrement élevées.

Les services de traitement des combustibles reçoivent ces derniers, confinés dans des châteaux, avant d'effectuer différents traitements mécaniques (ouvertures des étuis, cisailage) et chimiques (dissolution, clarification, ajustage). Les appareils de télémanipulation installés dans ces zones confinées, inaccessibles à l'homme, posent un problème de commande. En effet, le système utilisé est souvent un équipement de télétransmission par courant porteur. En d'autres termes, les ordres de commande sont envoyés, via la ligne d'alimentation, à des moyens de modulation de fréquence. La commande est effectuée par l'homme, avec des équipements placés à l'extérieur de la cellule (appelés équipements au sol) et des équipements placés à l'intérieur de la cellule (appelés équipements embarqués).

Les différents engins et robots utilisés dans ces enceintes confinées consistent souvent en l'association d'un système porteur et d'un engin de manipulation. On utilise donc ainsi des unités de levage, des télémanipulateurs lourds, des ponts roulants, des consoles murales, des coulisses murales.

La figure 4A montre une unité de levage qui, selon le type de porteur sur lequel elle est installée, permet des mouvements horizontaux dans deux directions X et Y perpendiculaires. Elle possède un treuil permettant de monter et de descendre un grappin électrique 50.

La figure 4B montre un télémanipulateur lourd dont le corps 51 peut, en fonction du porteur utilisé, être placé n'importe où à l'intérieur de

l'enceinte et permettant des mouvements dans des directions perpendiculaires horizontales X et Y, ainsi qu'une rotation autour d'un axe vertical d'un bras principal 52 qu'il supporte. A l'extrémité de celui-ci
5 se trouve une pince 53 bénéficiant elle aussi d'une rotation autour d'un axe lui-même porté par le bras 52, par l'intermédiaire de bras intermédiaires 54. Ces derniers peuvent également bénéficier de mouvements de rotation. L'ensemble est également complété d'un palan
10 55 fixé à la console 51.

Tous ces engins disposent d'une liberté de mouvement en fonction de l'engin porteur utilisé. Par exemple, la figure 4C montre, en vue de dessous, un pont roulant, complété par une platine, permettant à un
15 chariot 56 de se déplacer dans deux directions horizontales X et Y.

La figure 4D, qui est une vue de dessus, montre une console murale. Celle-ci possède un châssis triangulé 57 mobile sur un rail horizontal et fixé sur
20 un mur vertical 58 de l'enceinte. Une translation horizontale le long de ce mur 58, dans la direction X est possible. De plus, cette structure triangulée permet un mouvement horizontal, dans la direction perpendiculaire Y, d'une platine 59 qu'elle porte.

La figure 4E montre une coulisse murale. Cette dernière possède une base 60 qui peut être déplacée verticalement selon la direction Z et selon une direction horizontale X par rapport au mur de
25 l'enceinte. Une potence 61 est montée mobile en rotation autour d'un axe vertical fixé sur la base 60. Cette potence 61 porte, sur deux rails horizontaux 62, une platine 63 qui peut donc se translater
30 horizontalement par rapport à ces derniers.

Dans tous ces cas, il s'avère indispensable de pouvoir réaliser facilement et rapidement l'entretien et la maintenance du matériel embarqué dans les cellules confinées. En effet, le matériel électronique embarqué peut tomber en panne ; de par sa durée de vie, il est, de toute manière, destiné à être renouvelé. En particulier, les cartes électroniques doivent être remplacées régulièrement. Il s'ensuit un rapatriement mécanique du matériel défaillant et une intervention humaine dans des pièces intermédiaires ou sas d'entretien, ou couloirs d'intervention, dans lesquels les opérateurs interviennent pendant plusieurs minutes ou plusieurs heures en fonction des difficultés rencontrées pendant la réparation.

En outre, la réparation d'une carte électronique nécessite la sortie de l'enceinte de confinement. Or, cette carte électronique, comme tous les matériels situés en enceinte, est contaminée. Il faut donc lui faire subir un traitement de décontamination avant de pouvoir la réparer. Cependant, ces traitements de décontamination sont agressifs et peuvent altérer ses composants, d'où une détérioration générale de la carte.

De plus, pour résister aux rayonnements, les cartes électroniques sont réalisées en technique durcie. Leur coût est donc élevé. Par ailleurs, leur approvisionnement devient de plus en plus difficile, ce qui oblige, bien souvent, les opérateurs à « bricoler » les cartes pour les réparer, à défaut de les changer.

Le but principal de l'invention est donc de faciliter la maintenance du matériel embarqué à l'intérieur des enceintes confinées en modifiant le

système de commande embarqué et au sol pour minimiser les interventions humaines et leurs durées.

Résumé de l'invention

5

A cet effet, l'objet principal de l'invention est un système de commande d'engins de télémanipulation fonctionnant en enceinte de confinement et soumis à des rayonnements radioactifs, comportant :

10

- des moyens de pilotage dits « embarqués » situés à l'intérieur de l'enceinte, destinés à commander les mouvements desdits engins de télémanipulation ; et

15

- des moyens de gestion, situés hors de l'enceinte et assurant l'interface entre l'opérateur et les moyens de pilotage.

Selon l'invention :

20

- les moyens de pilotage comportent, d'une part, un coffret de commande étanche aux rayonnements et comprenant des cartes de circuits électroniques et, d'autre part, un coffret d'alimentation étanche aux rayonnements et comprenant au moins une source d'alimentation en énergie ; et

25

- les moyens de gestion comportent un dispositif de communication pour transmettre des ordres aux moyens de pilotage embarqués et recevoir des données relatives à l'état desdits moyens de pilotage et à l'état des engins de télémanipulation.

30

Dans sa réalisation préférentielle, le coffret d'alimentation comporte deux sources d'alimentation fonctionnant en redondance.

Les cartes de circuits électroniques comportent, de préférence, plusieurs microprocesseurs fonctionnant en alternance et des circuits de traitement assurant la gestion fonctionnelle de ces
5 microprocesseurs.

Le système de commande selon l'invention est avantageusement autoconfigurable.

Dans leur réalisation préférentielle, les moyens de gestion comprennent des circuits de
10 traitement des données d'état émises par les moyens de pilotage pour diagnostiquer les pannes et erreurs de fonctionnement des engins et des moyens de pilotage.

Il est prévu que les moyens de pilotage comprennent chacun un socle, de plus grande dimension
15 que le coffret d'alimentation et le coffret de commande, fixé à demeure sur chaque engin à commander et étant munis chacun :

- de moyens de fixation à un coffret de commande ou d'alimentation sur un socle ;
- 20 - de moyens internes de connexion pour assurer les liaisons électriques et/ou électroniques entre le coffret et le socle sur lequel il est fixé ; et
- de moyens externes de connexion pour
25 assurer les liaisons électriques et/ou électroniques entre l'engin à commander et le socle.

Dans ce cas, il est prévu également que les coffrets d'alimentation et les coffrets de commande aient des moyens de verrouillage sur leur socle
30 respectif, manoeuvrables de l'extérieur de ces coffrets d'alimentation et de commande.

Dans le but de se prémunir contre l'effet néfaste des radiations, le socle de chaque coffret de

commande possède de préférence une semelle de plomb placée en dessous.

Dans leur réalisation principale, les coffrets d'alimentation et de commande comprennent
5 chacun un boîtier en acier inoxydable fermé par un couvercle en plexiglas.

Enfin, des joints d'étanchéité complètent avantageusement ce type de montage.

10 Brève description des dessins

L'invention et ses différentes caractéristiques techniques seront mieux comprises à la lecture de la description suivante, annexée de huit
15 figures décrivant respectivement :

- figure 1, le système de commande selon l'invention dans le cadre de son utilisation ;
- figure 2, en vue éclatée, le coffret d'alimentation du système de commande selon
20 l'invention ;
- figure 3, en vue éclatée, le coffret de commande du système selon l'invention ; et
- figures 4A, 4B, 4C, 4D, 4E, des schémas relatifs à des appareils placés à l'intérieur
25 d'enceintes et sur lesquels doivent être installés des éléments du système selon l'invention.

Description détaillée d'un mode de réalisation de l'invention

30

Le système de l'invention, représenté de façon schématique sur la figure 1, comporte, d'une part, des moyens de pilotage 43 embarqués sur l'engin

41 à commander et, d'autre part, des moyens de gestion
42 dits « au sol », c'est-à-dire situés hors de
l'enceinte de confinement 40 dans laquelle se trouve
l'engin à commander 41. La transmission des
5 informations entre les équipements au sol et les
équipements embarqués est assurée par la technique
connue des courants porteurs (technique consistant à
superposer au courant industriel alimentant les
équipements, un signal haute fréquence modulé par un
10 signal basse fréquence correspondant au signal logique
à transmettre).

Chaque engin 41, placé en enceinte confinée
40, comporte un châssis/armoire 43 qui supporte des
moyens de pilotage consistant, entre autres, en un
15 socle 44 destiné à recevoir un ou plusieurs coffrets
et, en particulier, un coffret d'alimentation 1 et un
ou plusieurs coffret(s) de commande 20.

Le coffret d'alimentation 1 contient toutes
les sources d'alimentation nécessaires à la
20 transmission d'informations vers l'équipement au sol.
Selon le mode de réalisation préféré de l'invention, ce
coffret d'alimentation 1 comporte deux sources
d'alimentation 24/48 volts redondantes, aptes à se
remplacer l'une l'autre dans le cas où l'une d'elles
25 serait défaillante.

Le coffret de commande 20 comporte tous les
éléments nécessaires au pilotage de l'engin 41 sur
lequel il est fixé. De préférence, ces éléments
nécessaires au pilotage de l'engin 41 sont répartis en
30 plusieurs coffrets de commande 20, reliés les uns aux
autres électriquement par l'intermédiaire du socle 44,
qui sera décrit plus en détail ultérieurement.

Avantageusement, les coffrets 20 de commande sont répartis de la façon suivante :

. un coffret de télétransmission embarqué qui contient le matériel destiné à gérer la liaison avec
5 l'équipement au sol et, ainsi, à assurer le transfert des informations de l'équipement embarqué vers l'équipement au sol ;

. un coffret d'informatique embarqué qui contient des cartes de circuits électroniques, ces cartes
10 électroniques assurant, à partir des informations reçues de l'équipement au sol et des informations locales fournies par les capteurs de l'engin, la détermination des déplacements que doit effectuer l'engin.

15 Selon un mode de réalisation préféré de l'invention, ce coffret d'informatique embarqué contient deux cartes CPU (unité centrale) comprenant chacune deux microprocesseurs, deux cartes FSK (modulation par déplacement de fréquence), deux cartes
20 d'entrée/sortie de type tout-ou-rien et une carte de codeurs. Dans ce mode de réalisation, les quatre microprocesseurs du coffret d'informatique fonctionnent en alternance. Ces microprocesseurs fonctionnent chacun à leur tour de façon à augmenter leur durée de vie,
25 ainsi que leurs capacités respectives (cf demande de brevet français FR-2 663 160). Un logiciel embarqué, dans ce même coffret, assure la gestion de ces quatre microprocesseurs.

Il est à noter que le coffret
30 d'informatique de l'invention est le même quel que soit le type d'engin à commander : unité de levage, télémanipulateur lourd, etc.

. un coffret de puissance embarqué qui assure l'interface entre le coffret d'informatique embarqué et les différents moyens mécaniques de déplacement de l'engin (moteurs, embrayages, etc.). Ce coffret de puissance comporte une pluralité de relais, commandés par les sorties du coffret d'informatique. Ces relais commutent l'alimentation des moyens mécaniques de déplacement de l'engin ;

5 . un coffret d'alimentation en énergie du coffret d'informatique.

10

Outre les moyens de pilotage, chaque engin comporte des capteurs d'état, tels que des codeurs et des capteurs de fin de course, qui permettent d'informer les moyens de pilotage de la position exacte de l'engin dans l'enceinte confinée.

15

Les moyens de pilotage qui viennent d'être décrits sont gérés au sol par des moyens de gestion 42. Ces derniers consistent en une armoire générale de cellule qui regroupe :

20 - un dispositif de télétransmission au sol destiné à gérer la liaison avec les moyens de pilotage embarqués et, donc, à assurer le transfert d'informations de l'équipement au sol vers l'équipement embarqué ;

25 - un boîtier de commande mobile qui permet à l'opérateur de commander, au sol, les mouvements de l'engin et de prendre connaissance de l'état de cet engin ;

30 - un ordinateur central de type PC industriel qui assure la gestion de l'ensemble de l'équipement au sol et embarqué.

Avantageusement, l'ordinateur central est muni d'un logiciel d'aide au diagnostic dont le rôle

est de déterminer, lorsqu'elles se présentent, les erreurs de fonctionnement et/ou les défaillances du matériel situé en enceinte confinée. Par exemple, si l'un des microprocesseurs du coffret d'informatique
5 embarqué est défaillant, le logiciel commande une « mise au repos » de ce microprocesseur et le fonctionnement du système sur les trois autres microprocesseurs. Pendant ce temps de repos, le microprocesseur défaillant se régénère.

10 De préférence, l'ordinateur central mémorise tous les états du système dans un fichier consultable en temps réel.

Selon un mode de réalisation de l'invention, le système d'exploitation de l'ordinateur
15 central est un IRMX[®], système temps réel et le logiciel de commande et d'aide au diagnostic est réalisé en langage BORLAND C/C++.

Une interface homme/machine est réalisée au moyen d'un clavier et d'un écran connectés à l'armoire
20 générale.

En référence à la figure 2, le coffret d'alimentation 1 est également amovible et transportable, possède une poignée de manipulation 29, comme le coffret de commande 20. Il est associé à un
25 socle 19 qui possède une barrette de connexion 13. Sur le même côté, il possède des trous 16 permettant le passage des différents câbles d'alimentation électrique en liaison avec ce coffret d'alimentation 1, par l'intermédiaire de prises. Enfin, le socle 19 possède
30 deux pattes de fixation 18 équipées chacune d'au moins un trou de fixation 15 dans chacun desquels doit venir se positionner un pion de centrage 14 du coffret d'alimentation 1.

Ce dernier se présente sous la forme d'un boîtier 1A réalisé de préférence en acier inoxydable. Celui-ci contient principalement deux cartes d'alimentation 2, logées à l'intérieur de celui-ci et
5 fixées par leur partie supérieure à un radiateur à ailettes 3. Cet ensemble est fixé sur le boîtier 1A, en particulier sur une première bride 5, par l'intermédiaire d'un joint 4. Une autre partie supérieure du boîtier 20A est fermée par une plaque de
10 plexiglas 6 fixée sur une deuxième bride supérieure 9 au moyen d'une bride de fixation 7. Un joint d'étanchéité 8 complète ce montage. Enfin, comme pour le coffret de commande 1A, le coffret d'alimentation 1 possède une partie latérale 12 contenant des moyens de
15 verrouillage de ce coffret d'alimentation 1 sur son socle 19. Un levier de manoeuvre 10 est placé sur la partie supérieure de cette partie latérale 12 qui est fermée par une bride 17 et un joint d'étanchéité 11.

En référence à la figure 3, le coffret de
20 commande 20, qui est un coffret informatique embarqué, est constitué d'un boîtier 20A, amovible et transportable au moyen d'une poignée de manipulation 29 fixée sur sa partie supérieure, et d'un socle 30 placé à demeure sur un engin à piloter.

25 Le socle 30 est constitué principalement d'une semelle 34 dont la partie supérieure a une forme épousant la partie inférieure du boîtier 20A, de manière à pouvoir recevoir et positionner ce dernier. Le socle 30 se complète d'une semelle en plomb 31
30 placée en dessous de la semelle 34. Cette semelle de plomb 31 a pour but d'empêcher les radiations émanant de l'appareillage à manipuler se trouvant en dessous du socle 30 de venir endommager ou irradier les éléments

du coffret de commande 20 et son contenu, à savoir des cartes de circuits imprimés.

Le socle 30, en particulier la semelle 34, se complète d'une tête avant 36, assez volumineuse, et d'une tête arrière 37 un peu moins volumineuse, c'est-à-dire un peu plus plate. On note que ces têtes avant 36 et arrière 37 se trouvent de part et d'autre du boîtier 20A du coffret de commande 20, lui-même, le socle 30 et sa semelle de plomb 31 étant légèrement plus large, c'est-à-dire dépassant par rapport au coffret de commande 20. La tête avant 36 comprend des moyens de connexion externes des différents câbles de commande destinés au télémanipulateur ou à l'engin que le coffret de commande 20 doit piloter. Ainsi, une barrette de connexion 35 est placée sur la tête avant 36 au moyen d'une bride de fixation 39. En ce qui concerne la tête arrière 37, des trous de connexion 32 sont prévus pour connecter des câbles à l'engin.

On constate également, du côté de la tête arrière 37, la présence d'une barrette de connexion 33 constituant des moyens internes de connexion entre le socle 30 et le coffret de commande 20.

On note que ces différents moyens de connexion, internes ou externes, servent à la reconnaissance du socle 30 lorsqu'un coffret de commande 20 est à positionner sur un engin de télémanipulation à commander et possédant un tel socle 30. En d'autres termes, chaque télémanipulateur ou engin de télémanipulation est caractérisé par son socle et, en particulier, les moyens internes, et en particulier la barrette de connexion 33.

Le coffret de commande est de préférence en inox et est ouvert en haut, tandis qu'une plaque de

plexiglas 27 assure la fermeture supérieure du coffret de commande 20. Une bride 28 et un joint d'étanchéité 26 complètent ce montage. L'ensemble est donc montée sur une bride principale 25 du coffret de commande 20.

5 Le coffret 20 est posé sur le socle 30.

On note sur ce dernier la présence d'une manette de verrouillage 23 placée sur un boîtier de verrouillage 21 situé lui-même sur le côté du coffret de commande 20. Une bride de boîtier 24 et un joint de
10 bride de boîtier 22 complètent ce montage. On comprend ainsi que, une fois positionné sur son socle 30, un boîtier de commande 20 puisse être fixé par verrouillage au moyen de la manette de verrouillage 23.

Enfin, en référence à la figure 1, pour
15 certains engins à commander, tels que des manipulateurs complexes, plusieurs boîtiers de commande peuvent être nécessaires. Ces autres boîtiers ne sont pas modifiés physiquement, mais certaines cartes ont été enlevées à l'intérieur. On remplace exactement au même endroit les
20 anciens boîtiers par les nouveaux, équipés de leur socle respectif.

REVENDICATIONS

1. Système de commande d'engins de télémanipulation (41), fixés sur des engins porteurs (43), fonctionnant en enceinte de confinement (40) et soumis à des rayonnements radioactifs, comportant :
- des moyens de pilotage dits « embarqués » situés à l'intérieur de l'enceinte (40) et destinés à commander les mouvements desdits engins de manipulation et porteurs (41, 43) ; et
 - des moyens de gestion (42) situés hors de l'enceinte (40) et assurant l'interface entre l'opérateur et les moyens de pilotage, caractérisé en ce que :
- les moyens de pilotage comportent, d'une part, un coffret de commande (20) étanche aux rayonnements et comprenant des cartes de circuits électroniques et, d'autre part, un coffret d'alimentation (1) étanche aux rayonnements et comprenant au moins une source d'alimentation en énergie ; et
 - les moyens de gestion (42) comportent un dispositif de communication pour transmettre des ordres aux moyens de pilotage embarqués et recevoir des données relatives à l'état desdits moyens de pilotage et à l'état des engins de télémanipulation et porteurs (41, 43).
2. Système de commande selon la revendication 1, caractérisé en ce que le coffret d'alimentation (1) comporte deux sources d'alimentation fonctionnant en redondance.
3. Système de commande selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que les cartes

de circuits électroniques comportent plusieurs microprocesseurs fonctionnant en alternance et des circuits de traitement assurant la gestion fonctionnelle de ce microprocesseur.

5 4. Système de commande selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'il est autoconfigurable suivant l'engin de manipulation (41) et l'engin porteur (43).

10 5. Système selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que les moyens de gestion (42) comprennent des circuits de traitement des données d'état reçues des moyens de pilotage pour diagnostiquer les pannes et erreurs de fonctionnement des engins (41, 43) et des moyens de pilotage.

15 6. Système selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les moyens de pilotage comprennent chacun un socle (19, 30), de plus grande dimension que le coffret d'alimentation (1) et que le coffret de commande (20),
20 fixé à demeure sur l'engin à commander et étant muni chacun :

 - de moyens de fixation d'un coffret de commande (20) ou d'alimentation (1) sur lui-même ;
 - des moyens internes de connexion pour
25 assurer les liaisons électriques et/ou électroniques entre le coffret et le socle sur lequel il est fixé ;
 et

 - des moyens externes de connexion pour assurer les liaisons électriques externes et/ou
30 électroniques entre l'engin (41, 43) à commander et le socle (30).

 7. Système selon la revendication 6, caractérisé en ce que les coffrets d'alimentation (1)

et les coffrets de commande (20) possèdent des moyens de verrouillage (10, 12, 21, 23) sur leur socle respectif (19, 30, 44), manoeuvrable de l'extérieur de ces coffrets d'alimentation (1) et de ces coffrets de commande (20).

8. Système selon la revendication 6, caractérisé en ce que chaque coffret de commande (20) possède une semelle de plomb (31) placée en dessous du socle (30).

9. Système selon la revendication 6, caractérisé en ce que les coffrets d'alimentation (1) et les coffrets de commande (20) comprennent chacun un boîtier en acier inoxydable fermé par un couvercle en plexiglas (6, 27).

10. Système selon la revendication 9, caractérisé en ce qu'il comprend des joints d'étanchéité (8, 26) pour compléter le montage des couvercles en plexiglas (6, 27).

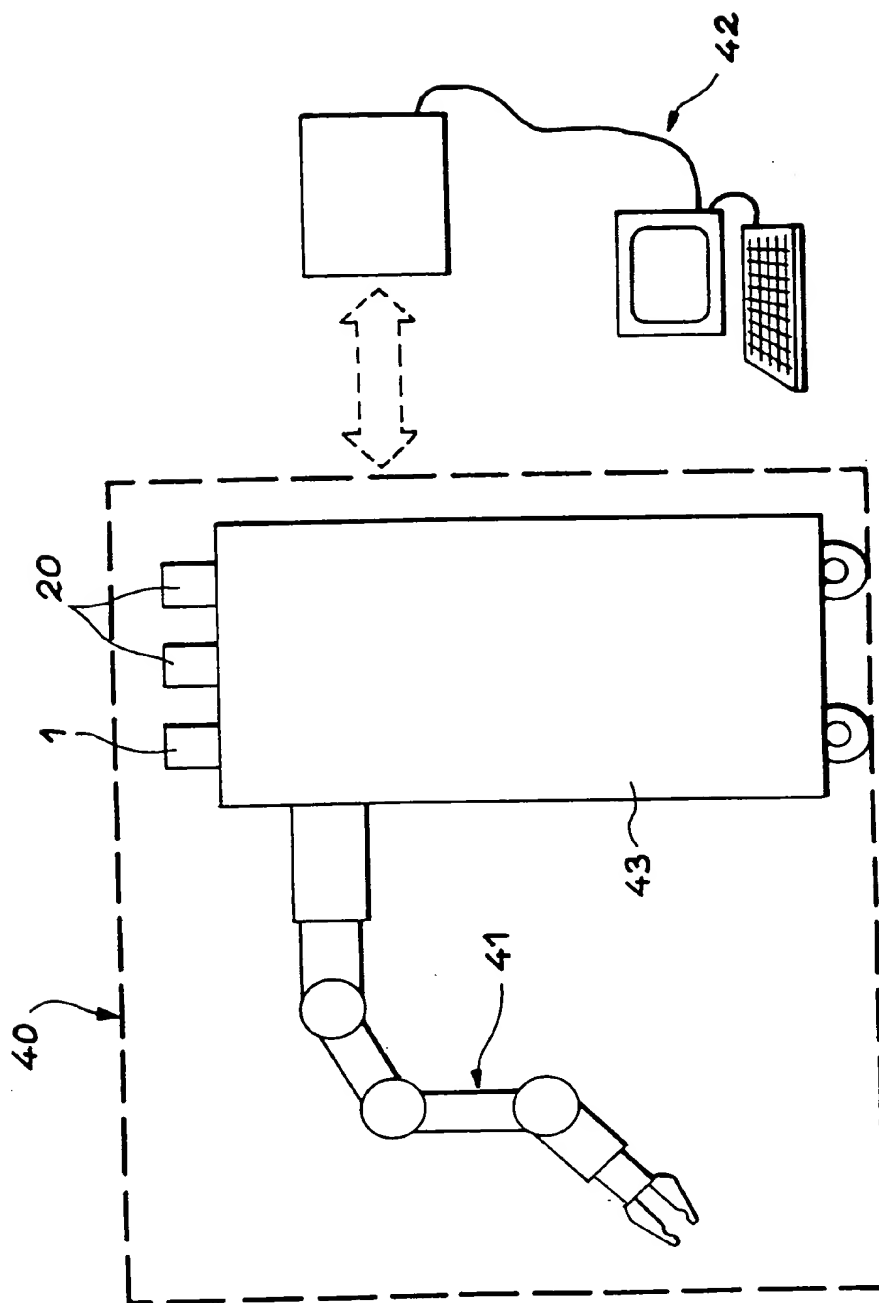
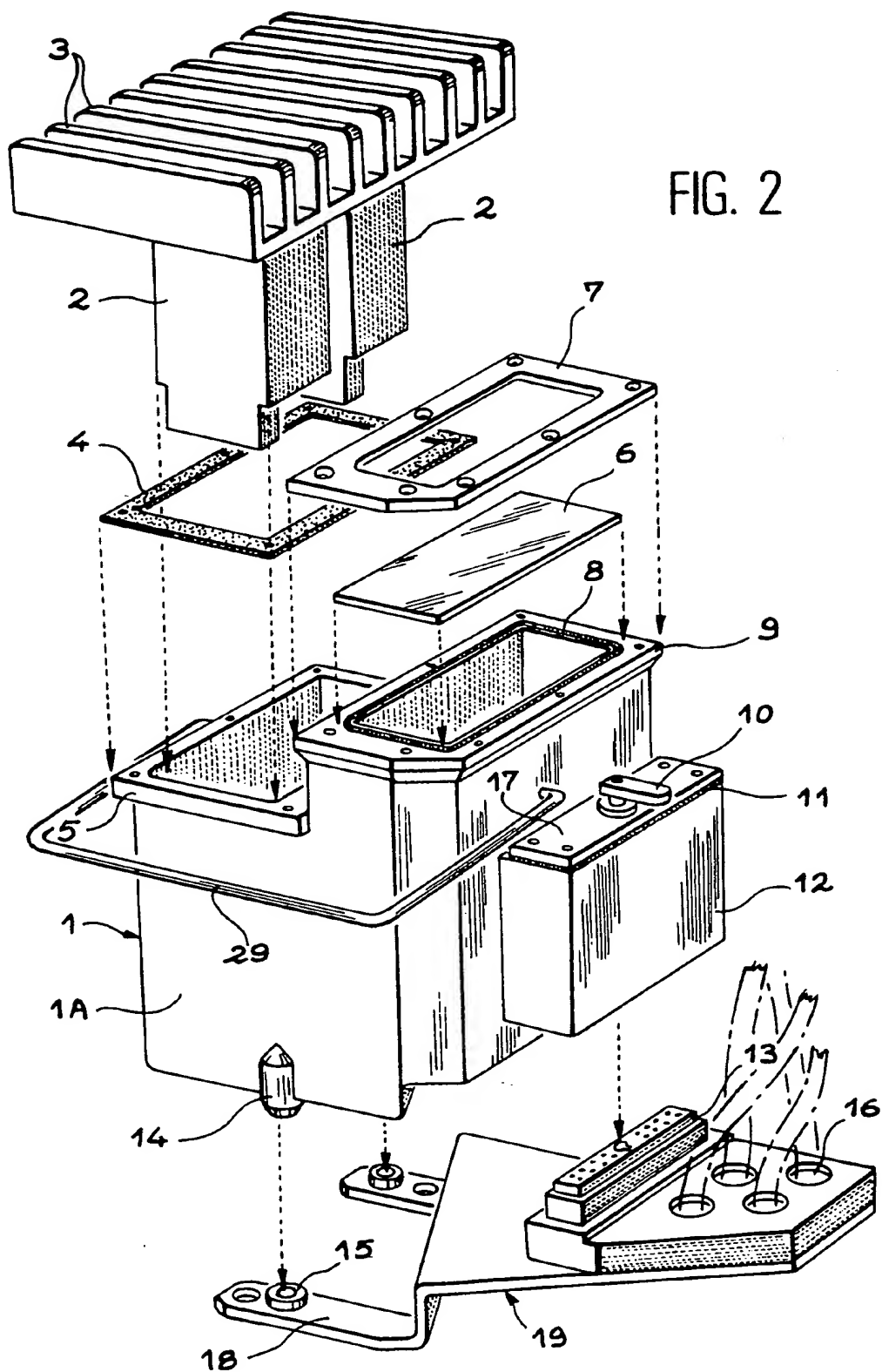


FIG. 1



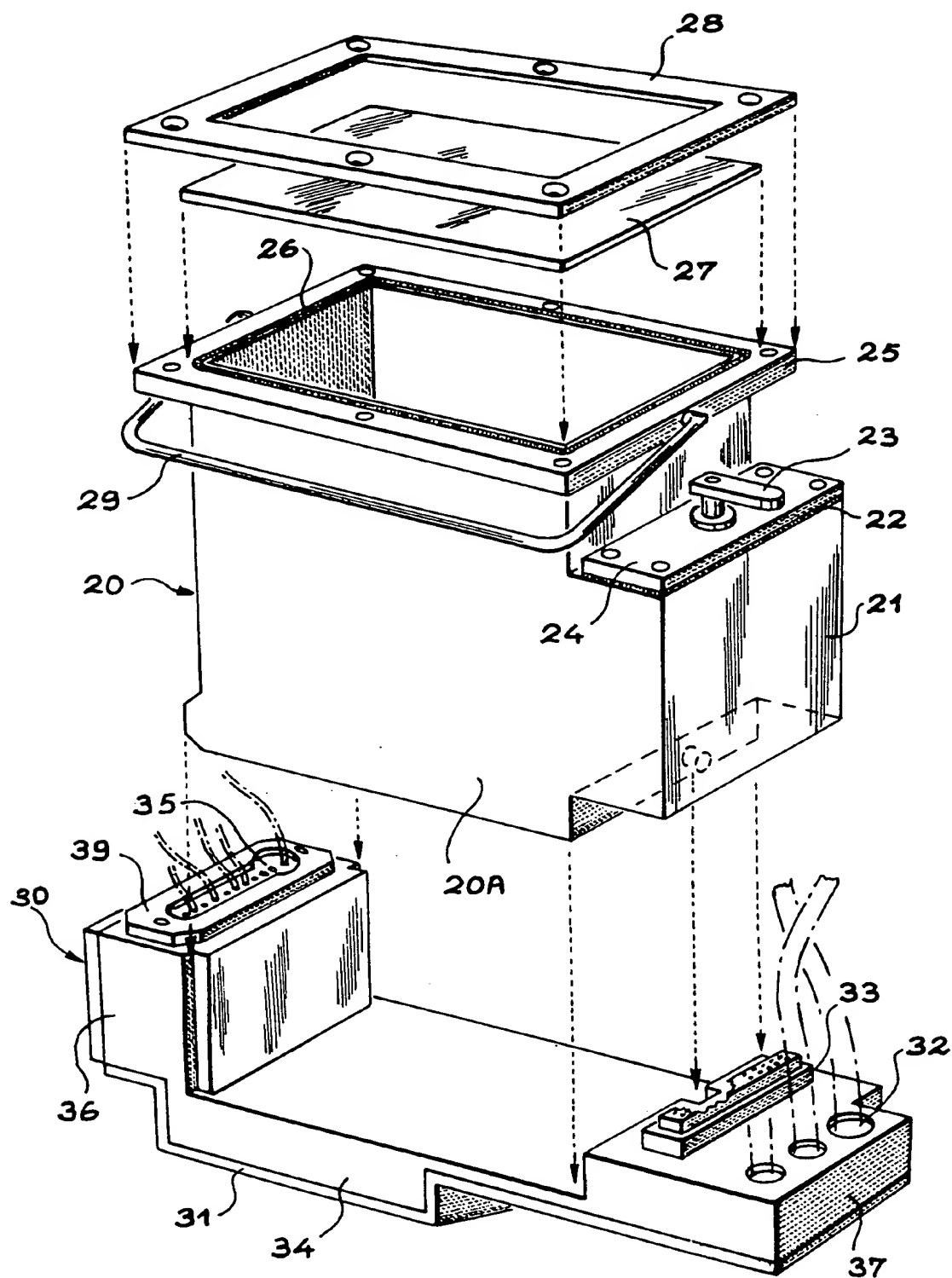


FIG. 3

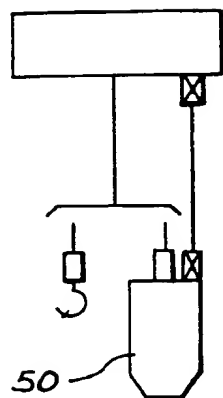


FIG. 4 A

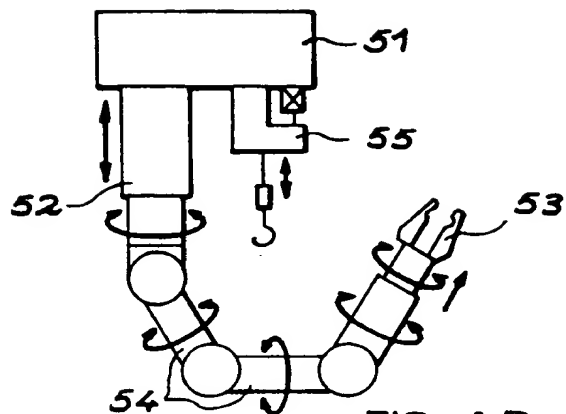


FIG. 4 B

FIG. 4 C

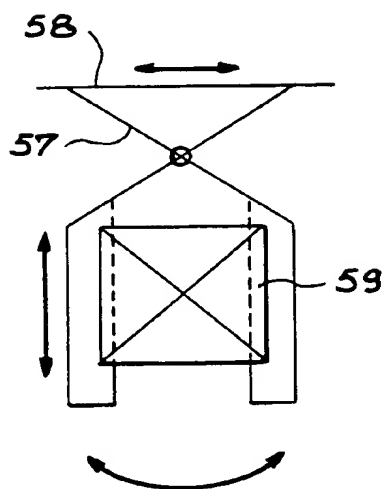
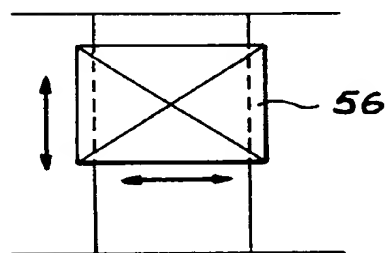


FIG. 4 D

FIG. 4 E

